

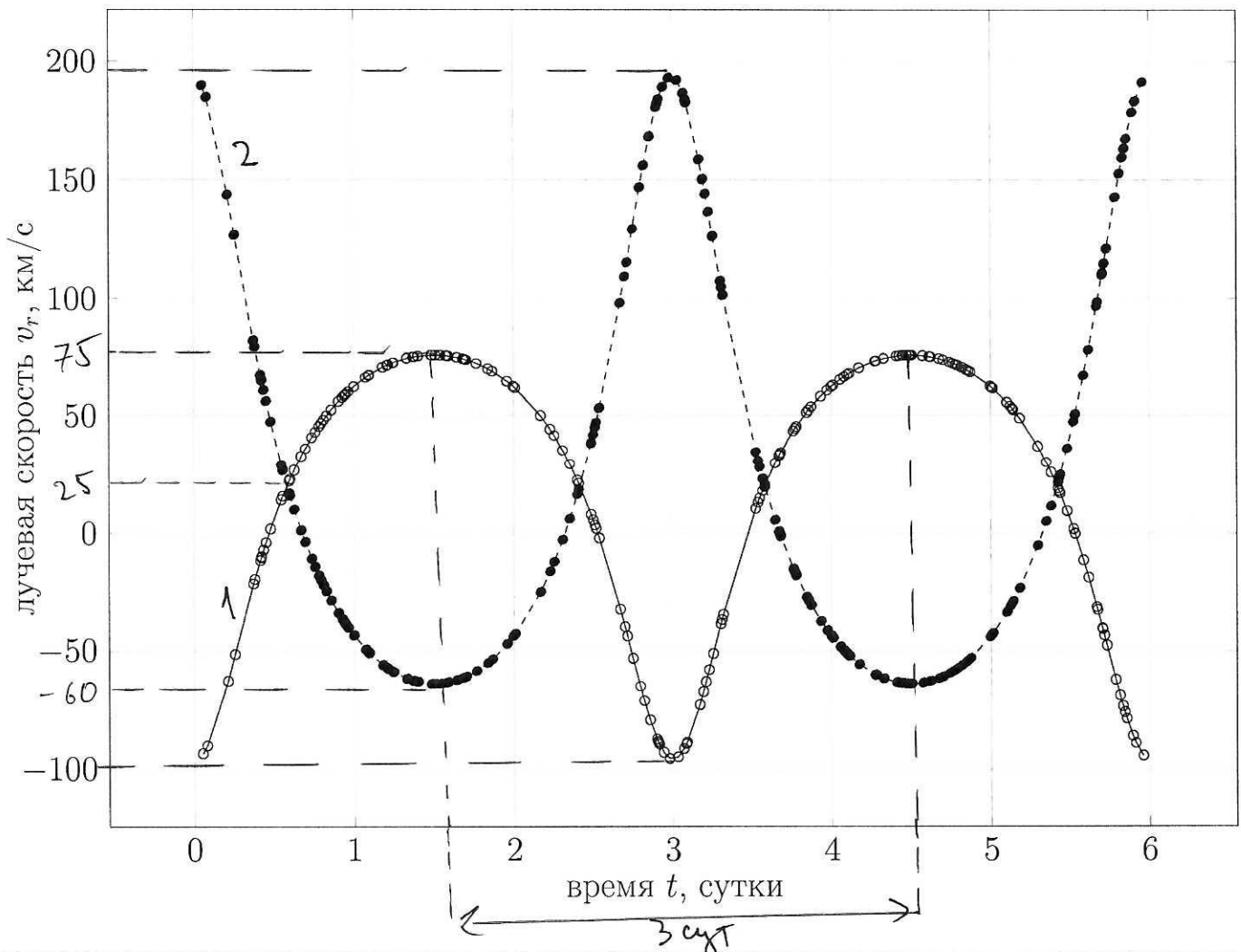
СПС-162

XXIX Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
практический тур

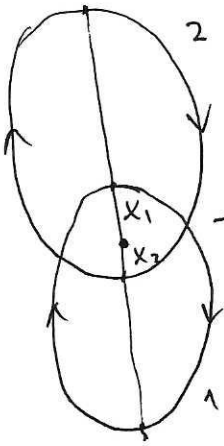
2022  
13  
марта

11 класс

Вам дана кривая лучевых скоростей двойной системы, состоящей из двух звезд Главной последовательности. Луч зрения лежит в плоскости орбиты, линия апсид (соединяющая периастры и апоастры орбит) перпендикулярна лучу зрения. Найдите параметры системы: массы звезд, период и большую полуось системы, эксцентриситет орбиты. Определите видимые звездные величины системы в максимуме и минимумах блеска. Годичный параллакс системы равен  $\pi = 0''.05$ , звезды считайте сферически симметричными, эффектами прогрева и потемнения диска к краю можно пренебречь.



Решения задач и результаты олимпиады будут размещены на сайте  
<http://school.astro.spbu.ru>



По направлению:  $T=3$  сут

Лунная скорость в зенит  
вызывает за счет радиусов  
вращения и из-за гравитации  
по орбите.

$v_{r1} = v_{r2} \Rightarrow$  проекции орбитальных  
скоростей на ось зенит  $= 0$  и  
это только косинусная скорость из закона Хаббла:  
 $v_r = H \cdot r = 25 \frac{\text{км}}{\text{с}} ; v = \frac{v_r}{H} = \frac{25}{70} \text{ Мпк} \approx 0,35 \text{ Мпк}$

$v_{p1} = 25 - (-100) = 125 \frac{\text{км}}{\text{с}} ; v_{a1} = -25 + 75 = 50 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

$v_{p2} = 200 - 25 = 175 \frac{\text{км}}{\text{с}} ; v_{p2} = 25 - (-60) = 85 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

Из этого несомненно видно в какую сторону движется звезда

в СО относительно звезды ~~и~~ звезда будет двигаться в

эту сторону с  $a = a_1 + a_2 ; M = m_1 + m_2 ; e = e_1 = e_2$

$300 \frac{\text{км}}{\text{с}} = \Delta v_2 = (v_{p1} + v_{p2}) = \sqrt{\frac{GM}{a} \frac{1+e}{1-e}} \quad (1) \quad \Delta v_1 \text{ и } \Delta v_2 - \text{просто}$   
обозначения,  
но не имеют  
все время суммар  
скоростей.

$135 \frac{\text{км}}{\text{с}} = \Delta v_1 = v_{a1} + v_{a2} = \sqrt{\frac{GM}{a} \frac{1-e}{1+e}} \quad (2)$

$\Delta v_1 \Delta v_2 = \frac{GM}{a}$

$T^2 = 4\pi^2 \frac{a^3}{GM} \quad \Rightarrow \quad T^2 = \frac{4\pi^2}{\Delta v_1 \Delta v_2} a^2$

$a = \frac{T}{2\pi} \sqrt{\Delta v_1 \Delta v_2}$

$a = \frac{3 \cdot 24 \cdot 3600}{6} \sqrt{135 \cdot 300} \text{ км} = 12 \cdot 3600 \cdot 200 \text{ км} \approx 850 \cdot 10^4 \text{ км}$

$a \approx 8 \cdot 10^6 \text{ км}$

$M \approx \frac{a \Delta v_1 \Delta v_2}{G} \approx \frac{8 \cdot 10^6 \cdot 10^3 \cdot 135 \cdot 300 \cdot 10^6}{7 \cdot 10^{-11}} \approx 4 \cdot 10^{30} \text{ кг} \approx 2 M_{\odot}$

По угл. центра масс:

$$\begin{cases} m_1 x_1 = m_2 x_2 \\ m_1 (2a_1 - x_1) = m_2 (2a_2 - x_2) \end{cases}$$

$$m_1 a_1 = m_2 a_2$$

$$M = m_1 + m_2 = m_1 \left(1 + \frac{a_1}{a_2}\right) = 2M_0$$

$$v_{p1} = \sqrt{\frac{GM}{a_1} \frac{1+e}{1-e}}$$

$$v_{p2} = \sqrt{\frac{GM}{a_2} \frac{1+e}{1-e}}$$

$$\Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \left(\frac{v_{p2}}{v_{p1}}\right)^2 = \left(\frac{175}{125}\right)^2 = \left(\frac{7}{5}\right)^2 \approx 2$$

$$m_1 (1+2) = 2M_0$$

$$\begin{cases} m_1 = \frac{2}{3} M_0 \approx 0,7 M_0 \\ m_2 = \frac{4}{3} M_0 \approx 1,3 M_0 \end{cases}$$

из (1) и (2)  $\frac{\Delta v_2}{\Delta v_1} = \frac{1+e}{1-e} \approx 3 \Rightarrow e = 0,5$

Итого:

$m_1 = 0,7 M_0$
$m_2 = 1,3 M_0$
$a = 8 \cdot 10^6 \text{ км}$
$T = 3 \text{ сут}$
$e = 0,5$

Вернемся к расстоянию:  $r = 0,35 \text{ Мпк}$

Угловой Паралакс  $\rho = \frac{1}{r} = 3 \cdot 10^{-6}''$  (это очень мало. На практике

это, что можно измерить в килол)

При этом погрешный паралакс  $\pi = 0,05''$

Он не может быть больше углового размера солнечной системы

вокруг центра Галактики, т.к. там уже в районе  $6 \cdot 10^{-5}''$  (это тоже

мало) если расстояние считать по погрешному направлению, то погрешность  $\frac{1}{0,05} = 20 \text{ км}$ ,

т.е. прямо сравнимо с солнечной системой в Млечном пути ( $R_{\text{МП}} = 15 \text{ кпк}$ )

Но тогда сильные влияния оказываются скорости вокруг галактики и неугловые скорости.

и так, звезда белее.

Две звезды главной последовательности  $L \sim M^3$

T.e.  $L_1 = \left(\frac{2}{3}\right)^3 L_0 \approx 0,3 L_0$

$L_2 = \left(\frac{4}{3}\right)^3 L_0 \approx 2,3 L_0$

$E = \frac{L}{4\pi r^2}$

В максимальные блеска освещенность системы увеличивается из-за облученности компаньона.

$m_{max} - m_0 = -2,5 \lg \frac{\frac{L_1}{4\pi r^2} + \frac{L_2}{4\pi r^2}}{\frac{L_0}{4\pi a^2}} = +5 \lg \frac{r}{a} - 2,5 \lg \frac{L_1 + L_2}{L_0}$

$m_{max} - m_0 = 5 \lg 0,35 \cdot 10^6 - 2,5 \lg 2,6 \approx 55 - 1 = 54$

$m_{max} = 54 + m_0 = 54 - 26,7 \approx 27,3$

$\Delta m = m_{min} - m_{max} = 2,5 \lg \frac{L_1 + L_2}{L_1} = 2,5 \lg \left(1 + \frac{L_2}{L_1}\right) \approx 2,5 \frac{L_2}{L_1} \approx 0,3$

$m_{min} = 27,6^m$  ; В минимальные блеска звезда <sup>наименее</sup> яркая из-за облученности ~~близкой~~ <sup>ближней</sup> звездой.

$m_{max} = 27,3^m$ $m_{min} = 27,6^m$
--